

68-73

1805(10) 维普资讯 http://www.cqvip.com

饥饿状态下3种卤虫生长和存活情况的研究*

徐振康 张闰生

(南开大学生物系, 天津)

Q959.223

摘 要

在实验室条件下(25℃), 笔者对采自美国旧金山、我国天津、山西的3种卤虫的无节幼体和成体对饥饿的耐受性进行了研究。3种卤虫的雌性成体在饥饿状态下的平均存活时间的差异不显著。它们的无节幼体在饥饿状态下平均存活时间差异显著, 时间长短依次为: As>Ap>Af。无节幼体存活时间的长短与3种卤虫的卵径的大小及刚孵出时的大小无关, 但与它们在饥饿期间的平均生长率及平均增加的体长呈负相关。对3种卤虫无节幼体饥饿耐受力所进行的方差分析和Tukey法多重比较的结果表明, 同为两性生殖种的Af和As之间的差异超过它们与孤雌生殖的Ap的差异。

关键词: 卤虫, 耐饥饿性, 生长, 存活率。

卤虫(*Artemia*)是一类分布较广的极耐高盐的小型甲壳动物。主要生活于内陆盐湖和沿海的日晒盐场^[1]。现在世界上已发现的卤虫种类被分成3个“群”; “新大陆有性生殖群”(New World sexual population)、“旧大陆有性生殖群”(Old World sexual population)和“孤雌生殖群”(Pathenogenetic population)。前一群分布于美洲、大洋洲, 后两个群分布于欧亚非大陆^[2]。近年来对于不同种和不同品系的卤虫的实验生态的比较研究相当广泛^[3-5], 但是对于卤虫对饥饿的耐受力及其在饥饿状态下的生长和存活的研究却还少见, 尽管关于饥饿对其他浮游动物的影响已有较多报道^[6-9]。本研究以分属于“新大陆有性生殖群”(简作新大陆群)、“旧大陆有性生殖群”(简作旧大陆群)和“孤雌生殖群”(简作孤雌群)的3个类群的卤虫为实验材料测定了它们对饥饿的耐受力并进行了比较。

一、材料与方 法

本研究所用之卤虫, 一是旧金山卤虫, 为有性生殖种, 已定名为 *Artemia franciscana*, 采自美国旧金山湾, 属“新大陆群”。第2种是孤雌生殖卤虫, 产自中国天津, 由天津进出口贸易公司提供虫卵, 属于“孤雌群”。第3种为有性生殖的未定种, 虫卵产自我国山西省运城盐湖, 应属“旧大陆群”。鉴于不同的孤雌生殖类群具有遗传上的差异。国际卤虫中心建议在文献中对于孤雌生殖的卤虫和未确定的有性生殖卤虫都暂以属名称之^[10]。为叙述简便, 在文中及图表中对上述3种卤虫分别称为Af、Ap、As。

将3种卤虫卵各400粒分别放入人工配制的海水(35‰)中, 在25±1℃的恒温箱中孵化。将先期孵出的少量无节幼体挑走, 从而获取大批同步孵化的无节幼体。将无节幼体经50%、

* 本研究为天津市21世纪科学基金资助项目。
本文于1990年8月23日收到。

75%的人工海水逐步洗涤后放入100%的人工海水中(25℃)进行饥饿试验。3种无节幼体为3组, 每组15个平行。每平行为一个无节幼体。另外, 随机取各种幼体各30个, 显微镜下测体长。试验开始后, 每天相同时间检查无节幼体存活数, 发现有死亡(沉到器皿底部, 附肢不动, 内脏无任何蠕动者)的即移出并测量体长, 判断所达到的龄期。

另外, 将3类卤虫同步发育的无节幼体分别放到盐藻(*Dunaliella salina*)悬浮液(10^8 个/ml)中大量培养, 以获取同步的雌性成体。为了方便, 在本试验中采用Wear 等的方法^[11], 雌体出现肉眼可见的卵囊时即为成体。雌性成体的饥饿试验的方法与无节幼体相同。3种卤虫的卵径、无节幼体体长、饥饿试验后死亡时无节幼体体长, 无节幼体存活时间、雌性成体存活时间等实验数据均用单因素方差分析方法进行检验, 对于处理间存在差异的再用Tukey法进行多重比较^[12]。

二、结 果

1. 卵径大小及刚孵出无节幼体的大小

Af、As和Ap卵径大小依次为 $205.84 \pm 9.02 \mu\text{m}$ 、 $224.56 \pm 15.74 \mu\text{m}$ 和 $238.12 \pm 11.61 \mu\text{m}$; 无节幼体大小依次为 $474.25 \pm 36.40 \mu\text{m}$ 、 499.75 ± 35.91 和 $560.32 \pm 50.94 \mu\text{m}$ 。由上测定结果可知, 3种的卵径大小依次为 $\text{Ap} > \text{As} > \text{Af}$, 无节幼体的大小排列顺序与卵径大小顺序相同。

2. 完全饥饿状态下无节幼体的存活时间及其生长率

实验结果列于表1。表1表明, 无节幼体在完全饥饿的状态下均可依靠贮存的养料存活一段时间。3个种的幼体在饥饿试验中死亡后的平均体长与刚孵出时的平均体长相比较, 差异极其显著(配对法 t 检验, $t=9.925$, $df=2$, $p<0.01$)。这说明各种卤虫无节幼体在饥饿状态下不仅能存活还可以有一定程度的生长, 体长有所增长。从蜕皮情况来看, I龄无节幼体可发育成II龄, 甚至一部分还可以发育成III龄(见图1)。

表1 3种卤虫的无节幼体在饥饿状态下的存活时间与生长
Table 1 The survivorship and growth of nauplii of three species of *Artemia* during starvation

卤虫种类 Species of <i>Artemia</i>	死亡时幼体体长 Body length of dead nauplii (μm)	观察个数 Number of observation	无节幼体存活时间 Survival time of nauplii (d)	观察个数 Number of observation	平均增长体长 Mean increment of the length (μm)	平均增长率 Mean growth rate ($\mu\text{m}/\text{d}$)
Af	748.96 ± 112.21	15	1.80 ± 0.77	15	274.71	152.62
As	726.15 ± 97.61	15	2.73 ± 0.70	15	226.49	82.03
Ap	793.84 ± 79.83	15	2.53 ± 1.06	15	233.52	92.30

3个种的无节幼体在饥饿的情况下日增长率大小顺序为 $\text{Af} > \text{Ap} > \text{As}$ 。卵径与无节幼体存活时间无显著的相关关系($n=3$, $r=0.8037$), 无节幼体孵出时体长与其存活时间也无明显的相关关系。 $(n=3, r=0.5732)$ 。可是不同种的卤虫的无节幼体在饥饿期间平均增长的体长及平均日增长率却与它们的平均存活时间表现为负相关的关系。可分别用回归方程式 $y=6.9387-0.0187x$ ($r=0.998$) (其中 x 为每种卤虫无节幼体平均增长的体长, y 为存活天

数)和 $y = 3.7631 - 0.0129x$ ($r = 0.997$) (其中 x 表示每种卤虫无节幼体平均日增长率, y 为存活天数)来表示。

3. 雌性成体的耐饥饿性及成体与无节幼体耐饥饿性的差异

3个种的卤虫的雌性成体在完全饥饿的情况下存活的时间及死亡时体长见表3。成体卤虫的体长基本上还是 $Ap > As > Af$, 与卵径、I龄无节幼体的排列顺序一致。雌性成体与无节幼体对饥饿的耐受性的差异可以用雌性成体的饥饿半致死天数($ST_{50}F$)与无节幼体饥饿半致死天数($ST_{50}N$)的比值 r 来表示(见表2)。这3个种的 r 值都大于1, 成体的耐饥饿性均大于无节幼体, Af 的 r 值大于另两种卤虫的 r 值。

为了进一步从统计学的角度对3个种的卤虫的无节幼体、雌性成体对饥饿的耐受性进行分析, 我们又对3种卤虫的卵径、刚孵出时无节幼体的大小、饥饿后死亡时幼体大小、饥饿状态下雌性成体和无节幼体的存活时间等进行

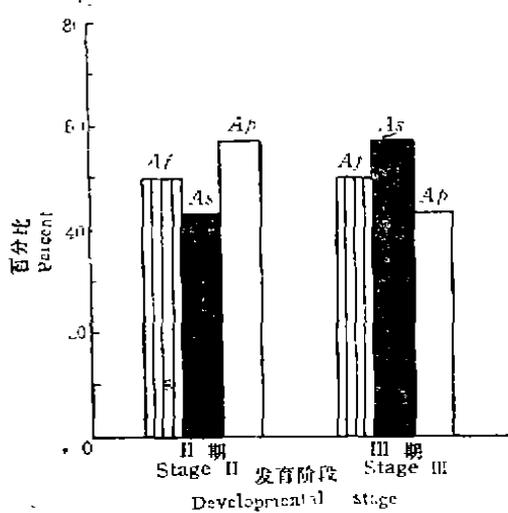


图1 3种卤虫的无节幼体在饥饿致死时所达到的不同发育阶段(Ⅱ龄和Ⅲ龄无节幼体)所占的百分比
Fig. 1 Percentage of nauplii of three species of *Artemia* reaching successive developmental stages before death during starvation

表2 3种卤虫雌性成体耐饥饿性及其与无节幼体耐饥饿性的比较

Table 2 The tolerance to starvation of adult females of three species of *Artemia*, the starvation times (days) for 50% of adult females ($ST_{50}F$) and expressed as a ratio of naupliar starvation times

卤虫种类 Species of <i>Artemia</i>	雌性成体体长 Body length of adult females (mm ± S.D.)	饥饿中存活天数 Survival days in starvation (d ± S.D.)	雌性成体饥饿 半致死天数 Starvation times for 50% adult females $ST_{50}F$ (d)	无节幼体饥饿 半致死天数 Starvation times for 50% nauplii $ST_{50}N$ (d)	$r = \frac{ST_{50}F}{ST_{50}N}$
Af	6.36 ± 1.18	7.20 ± 3.47	6.50	1.25	5.20
As	7.43 ± 1.04	6.73 ± 5.20	5.50	2.42	2.27
Ap	7.58 ± 1.55	5.67 ± 3.48	5.33	2.31	2.31

了方差分析(表3)和Tukey法多重比较(表4)。

3种卤虫的卵径、刚孵出无节幼体的大小及完全饥饿状态下存活时间等均有显著差异。多重比较的结果说明, 每两个种卤虫间的差异却并不一致, 从卵径大小来说, 每两种之间的差异都是显著的, 无节幼体的大小则不然, Af 和 As 间差异不显著, 但它们与 Ap 都有明显不同。从饥饿耐受性来看, Af 和 As 的无节幼体之间有明显差异, 但两者分别与 Ap 之间的差异不显著。3个种的卤虫的雌性成体对饥饿的耐受性却未表明出显著差异。

表 3 3 种卤虫耐饥饿性及其他特性方差分析表
Table 3 ANOVA tables for survival time of nauplii and adult females and other items of three species of *Artemia*.

比较项目 Items	变差来源 Source of variation	平方和 Sum of square	自由度 Degree of freedom	均 方 Mean square	F 值 F-value	显著性 Significance
卵 径 Diameter of cysts	处 理 间 Between treatment	15756.65	2	7878.33	59.93	$p < 0.01$
	误 差 Error	13458.53	87	154.70		* *
	总 和 Total	29215.18	89			
刚孵出时无节幼体体长 Body length of stage I nauplii	处 理 间 Between treatment	117279.97	2	58639.99	33.77	$p < 0.01$
	误 差 Error	151065.60	87	1736.39		* *
	总 和 Total	268345.57	89			
饥饿实验后死亡时无节 幼体体长 Body length of dead nauplii	处 理 间 Between treatment	33206.17	2	16603.09	1.75	$p > 0.05$
	误 差 Error	370390.50	39	9497.19		NS
	总 和 Total	403596.67	41			
无节幼体在饥饿中存活时间 Survival days of nauplii in starvation	处 理 间 Between treatment	7.24	2	3.62	4.89	$0.01 < p < 0.05$
	误 差 Error	31.07	42	0.74		
	总 和 Total	38.31	44			
雌性成体在饥饿中存活时间 Survival days of female adults in starvation	处 理 间 Between treatment	18.53	2	9.27	0.54	$p > 0.05$
	误 差 Error	716.67	42	17.06		NS
	总 和 Total	735.20	44			

注：NS表示差异不显著，* 表示差异显著，** 表示差异非常显著。
 Note: NS=not significant; * =significant; ** =highly significant.

表 4 表3中有显著差异项目的Tukey法多重比较结果*
Table 4 Results of Tukey multiple comparison tests for the data of items which were significantly different in the Table 3

比较项目 Item	比 较 结 果 Result of comparison		
卵 径 Diameter of cysts	<u>Af</u>	<u>As</u>	<u>Ap</u>
刚孵出时无节幼体体长 Body length of stage I nauplii	<u>Af</u>	<u>As</u>	<u>Ap</u>
无节幼体饥饿中存活时间 Survival days of nauplii in starvation	<u>Af</u>	<u>Ap</u>	<u>As</u>

* 同一横线上表示无显著差异。
 * Horizontal lines join species which are not different at $p < 0.05$ in Tukey multiple comparison.

三、讨 论

1. 以前的研究^[1]表明,同一种浮游甲壳动物的早期幼体在饥饿状态下的存活率常常与孵出幼体的卵的大小有关系。较大的卵孵出的幼体由于储藏有较多的养料,耐饥饿性强于较小的卵孵出的幼体。但这一规律并不一定适合于不同种类的浮游动物。Burns^[6]研究3种贝克水蚤(*Boeckella* spp.)无节幼体耐饥饿性时发现,三角贝克水蚤(*B. triarticulata*)的卵最大,无节幼体在饥饿状态下存活时间却最短。我们的研究也表明不同种的卤虫的无节幼体对饥饿的耐受力与卵的大小及其本身大小无关。Burns认为不同种类对饥饿的耐受力可能与不同种类的无节幼体内在的新陈代谢率及遇到饥饿环境时减低代谢率的能力有关,本研究结果则进一步表明不同种卤虫的无节幼体在饥饿期间平均生长率与平均存活时间呈负相关。

2. 尽管这3种卤虫的无节幼体对饥饿具有不同的耐受力,它们的雌性成体在饥饿状态下的平均存活时间的差异却不显著。相似的是Burns(1985)发现3种贝克水蚤的无节幼体在饥饿状态下平均存活时间显著不同,成体却无显著差异^[6]。雌性成体与无节幼体的饥饿半致死天数比(即表3中的 r 值)一定程度上反映了1个种的成体与幼体对饥饿耐受性的差异。Af的 r 值大于As和Ap的 r 值,说明Af的雌性成体在产卵时分配给子代的能量的比例比另两种卤虫少。这可能与这种卤虫常生活在食物丰富的环境以及有较高的产卵率有关。

3. 就无节幼体对饥饿耐受力而言,同为有性生殖种的Af和As之间的差异超过它们与孤雌生殖种Ap的差异。Browne等在对“新大陆群”、“旧大陆群”和“孤雌群”的卤虫的生殖率和寿命进行研究时也发现前两“群”卤虫之间的差异大于它们分别与“孤雌群”的差异^[2]。有的文献认为“孤雌群”卤虫是由“旧大陆群”卤虫进化而来的^[3,14]。但是“孤雌群”卤虫的某些性状却比“旧大陆群”卤虫更接近于“新大陆群”。这说明了生活在欧亚非大陆的两大卤虫群(即“旧大陆群”和“孤雌群”)之间在长期进化中已表现出极大的趋异性。

4. 在饥饿状态下,Af的无节幼体仍保持着较高的生长率,平均存活时间最短。As的无节幼体生长率较低,存活时间最长。Ap则介于两者之间。As与其他属于“旧大陆群”的卤虫一样,主要栖息在内陆盐湖,而“孤雌群”则在沿海盐田中形成优势种。这种地理分布的形成可能与这两个不同“群”的卤虫的生殖率,生长率,对饥饿的耐受力有关。食物丰富,环境稳定的沿海盐田更适合于“孤雌群”卤虫的生长,而在食物贫乏,环境变化较大的内陆盐湖中,生长率、生殖率低但耐饥饿性强的“旧大陆群”则可在种间竞争中获胜。

参 考 文 献

- [1] Persoone, G. and Sorgeloos P., 1980, General aspects of the ecology and biogeography of *Artemia*. In: *The Brine Shrimp Artemia*, Vol. 3. *Ecology, Culturing, Use in aquaculture*, G. Persoone et al. (Eds), Universa Press, Wetteren, Belgium, pp. 3—24.
- [2] Browne, R. A. and Sallee S. E., 1984, Partitioning genetic and environmental components of reproduction and lifespan in *Artemia*. *Ecology*, 65(3):949—960.
- [3] Browne, R. A., 1980, Competition experiments between parthenogenetic and sexual strains of the brine shrimp. *Ecology*, 61(3):471—474.
- [4] Browne, R. A., 1982, The costs of reproduction in brine shrimp. *Ecology*, 63(1):43—47.
- [5] Vanhaecke, P., Siddall S. E. and Sorgeloos P., 1984, International study on *Artemia*. XXXI, Combined effects of temperature and salinity on the survival of *Artemia* of various geographical origin. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 80:259—275.

- [6] Burns, C. W., 1985, The effects of starvation on naupliar development and survivorship of three species of *Boeckella* (Copepoda: Calanoida). *Arch. Hydrobiol. Beih.* 21:297—309.
- [7] Burns, C. W., 1988, Starvation resistance among copepod nauplii and adults. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23:2087—2091.
- [8] Fernandez, F., 1979, Nutrition studies in the nauplius larva of *Calanus pacificus* (Copepoda: Calanoida). *Mar. Biol.* 53:131—147.
- [9] Williamson, C. E., 1980, The predatory behavior of *Mesocyclops edax*: Predator preferences, prey defenses and starvation-induced changes. *Limnol. Oceanogr.* 25(5):903—909.
- [10] Sorgeloos, P. et al. 1986, *Manual for the culture and use of brine shrimp Artemia in aquaculture*. Artemia Reference Center, Belgium, pp. 319.
- [11] Wear, R. G. and Haslett S. J., 1986, Effects of the temperature and salinity on the biology of *Artemia franciscana* Kellogg from Lake Grassmere, New Zealand. 1. Growth and mortality. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 98:153—166.
- [12] Zar, J. H., 1984, *Biostatistical Analysis*, pp. 718. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J.
- [13] Cooney, J. D. and Gehrs C. W., 1980, The relationship between egg size and naupliar size in calanoid copepod *Diatomus claviceps* Schacht. *Limnol. Oceanogr.* 25(3):549—552.
- [14] Abreu-Grobois, F. A., 1987, A review of the genetics of *Artemia*. In: *Artemia Research and its Application*, Vol. 1 *Morphology, Genetics, Strain characterization, Toxicology*. P. Sorgeloos et al. (Eds). Universa Press, Wetteren, Belgium, pp. 61—99.

STUDIES ON NAUPLIAR GROWTH AND SURVIVORSHIP OF THREE SPECIES OF ARTEMIA DURING STARVATION

Xu Zhen-Kang Zhang Run-Sheng

(Department of Biology, Nankai University, Tianjin)

The tolerance to starvation of nauplii and adult females of three species of brine shrimps, *Artemia franciscana* (Af), parthenogenetic *Artemia* from Tianjin, China (Ap) and bisexual *Artemia* from Shanxi, China (As), were examined at 25°C in laboratory. The three species of *Artemia* belong to New World sexual population, parthenogenetic population and Old World sexual population, respectively.

The mean survival times of starved adults of all three species were not significantly different. However, their nauplii showed different tolerance to starvation. When exposed to starvation, the order of naupliar survival was As > Ap > Af. There was no relation between naupliar size and their survivorship during starvation in all three species, but starvation tolerance of the nauplii was inversely related to the mean growth rate and increased length of the nauplii of different species. The results of ANOVA followed by Tukey multiple comparison tests on the survival times showed that difference between New World sexual and Old World sexual species (Af and As) was even greater than that between sexual and parthenogenetic species (Af and Ap or As and Ap).

Key words: *Artemia*, tolerance to starvation, growth, survivorship.